

Über die Ursache der Rotverfärbung der
Schweineschwarte beim Schnellkühlverfahren

Gerhard Schreiber

Aus dem Institut für Nahrungsmittelkunde
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Komm. Vorstand: Professor Dr. H. Sedlmeyer

Über die Ursache der Rotverfärbung der Schweine-
schwarte beim Schnellkühlverfahren

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der veterinärmedizinischen Doktorwürde der
Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München



von
Gerhard Schreiber
Tierarzt
aus
Annweiler am Trifels

München 1958

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Professor Dr. K. Z i p f

Referent: Professor Dr. H. S e d l m e i e r

Tag der Promotion: 26. Februar 1958

Meinen lieben Eltern
gewidmet



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Inhaltsverzeichnis

	Seite:
A. Einleitung	1
B. Literatur	2
C. Eigene Versuche und Beobachtungen	4
I. Allgemeine Untersuchungen	4
1. Beobachtungen des Schlacht- und Kühlvorgangs	4
2. Minderung der Rotverfärbung durch verschiedene äußere Einflüsse	9
3. Die Entblutung im Hängen und die Auswirkung auf die Rotverfärbung	14
II. Spezielle Versuche	15
1. Bestimmung des Farbstoffs, der die Rotver- färbung verursacht	15
a) Qualitative Bestimmung	15
b) Quantitative Bestimmung	15
aa) Methodik	15
bb) Ergebnisse	19
2. Der Wassergehalt des Corium	20
3. Histologische Untersuchung des Corium	22
D. Diskussion	25
E. Zusammenfassung	28
F. Literaturverzeichnis	29
Lebenslauf	33

A. Einleitung

Durch die Kühlung des Fleisches nach der Schlachtung sollen unerwünschte mikrobielle Vorgänge ausgeschaltet und die Fleischreifung gesteuert werden. Im Hinblick auf die Fleischreifung hatte sich allgemein die Meinung durchgesetzt, daß eine allmähliche Abkühlung der schlachtwarmen Tierkörper am günstigsten ist. Dieser Ansicht wird auch heute noch in den meisten Schlachthöfen Rechnung getragen. Fr ü h w a l d (4) hat nun im Schlachthof Ludwigshafen/Rhein erstmals in Westdeutschland Schnellkühlanlagen eingerichtet und ist damit der Empfehlung von T a m m (21), S c h i l l i n g (20) und H e i ß (12) gefolgt, wonach es zweckmäßiger ist, die schlachtwarmen Tierkörper einer raschen Abkühlung zuzuführen. Nach den grundlegenden Arbeiten von T a m m (21) und H e i ß (12), soll das Fleisch möglichst schnell nach der Schlachtung in Kühltunnels verbracht werden, in denen nach T a m m (21) eine Temperatur von $+1^{\circ}\text{C}$, eine relative Luftfeuchtigkeit von nahezu 100% und eine Luftzirkulation von 2 m/sec herrschen sollen. Während S c h i l l i n g (20) eine Temperatur von 0°C und eine Luftzirkulation von 3 m/sec bei möglichst hoher Luftfeuchtigkeit empfiehlt, erachtet F r ü h w a l d (4) eine Temperatur von -3°C für ausreichend. Bezüglich Luftfeuchtigkeit und Luftgeschwindigkeit stützt sich F r ü h w a l d (4) auf die Ergebnisse von T a m m (21). In einer späteren Veröffentlichung (6) hält er jedoch eine geringere Luftumwälzung für besser.

Von betriebswirtschaftlichen Vorteilen abgesehen werden nach T a m m (21, 22), S c h i l l i n g (20), R i e s (17); F r ü h w a l d (4, 5, 6, 7, 9) u.a. (12, 13, 3) durch die Schnellkühlung auch die Gewichtsverluste vermindert, sowie Verbesserungen der Haltbarkeit, des Aussehens und der Konsistenz des Fleisches erzielt (17, 4, 5, 22, 13, 6, 7, 9).

Während hinsichtlich der Fleischreifung bisher keine nachteiligen Wirkungen bekannt wurden, hat sich aber bei der Schnellkühlung von Schweinen gezeigt, daß eine vermehrte Rotverfärbung der Schwarte auftritt. Dadurch wird zwar keinerlei Beeinträchtigung der Fleischqualität hervorgerufen, der sachunkundige Verbraucher könnte die Rotfleckigkeit aber als krankhafte Veränderung oder als Folge einer unsachgemäßen Behandlung des Schlachttieres deuten.

Mir wurde nun vom Institut auf Anregung von Herrn Veterinärdirektor Dr. Otto F r ü h w a l d + die Aufgabe gestellt, die Ursachen dieser Veränderungen aufzuklären und Anhaltspunkte für ihre Verhütung zu erarbeiten.

B. Literatur

Nach T ü n s m e y e r (23) sind Rotverfärbungen an der Schweinehaut dann zu beobachten, wenn die Schweinehälften in Schnellkühlkammern mit 60facher Luftumwälzung in der Stunde hängen. Die Hautrötung bleibt jedoch aus an den Berührungsstellen der Schweinehälften, also an Stellen, die dem Luftstrom nicht ausgesetzt waren. Bei geringer Beschickung der Kühlkammern tritt die Verfärbung, bedingt durch die ungehinderte Luftzirkulation, schneller und deutlicher auf.

Auch N i e m e y e r (15) bringt die Rotverfärbung mit starker Luftzirkulation in den Schnellkühlanlagen in Zusammenhang und fordert aus diesem Grunde, daß die 60fache Luftzirkulation in der Stunde nach 12stündiger Kühlung erheblich herabgesetzt und nach 16stündiger Kühlung das Kühlgut in einen sogenannten Kaltlagerraum verbracht wird.

T ü n s m e y e r (23) untersuchte von 65 rotfleckigen Schweinen wäßrige Schwartenauszüge spektroskopisch und stellte in allen Oxyhämoglobin fest. Nicht verfärbte Schwartenstücke wurden von T ü n s m e y e r allerdings nicht untersucht. Er nimmt an, daß durch Hämolyse freiwerdendes Hämoglobin aus den Hautgefäßen in die Schwarte diffundiert und dort durch den im Luftstrom reichlich vorhandenen Sauerstoff zu Oxyhämoglobin oxydiert wird, das dann die intensive Rotverfärbung der Haut verursacht. Zur Erklärung dieser Behauptung zieht T ü n s m e y e r die Erläuterungen von F r ü h w a l d (7) und D e g r y s e (1) heran, wonach bei Anwendung der Schnellkühlung unter hoher relativer Luftfeuchtigkeit durch das Ausbleiben einer Trockenhautbildung an der Oberfläche von Rinderhälften die Durchlässigkeit der Oberfläche erhalten bleibt und somit Oxydationsprozesse durch den Luftsauerstoff möglich sind.

Im Hinblick auf die Rotverfärbung hat F r ü h w a l d (1) in einer Reihe von Versuchen den Einfluß der Betäubungsart geprüft. Dabei zeigte sich, daß mit wenigen Ausnahmen, bei denen durch die zu lange Einwirkung des elektrischen Stromes eine leichte rosarote Verfärbung auftrat, die Betäubungsart keinen Einfluß auf die Rotverfärbung der Haut hatte.

Nach F r ü h w a l d (1, 9, 8) ist die Rotverfärbung umso stärker ausgeprägt, je weniger die Schweine ausgeblutet und je weniger sie mit kaltem Wasser abgespritzt wurden. F r ü h w a l d (8) sieht in seinen Ergebnissen einen Be-

weis dafür, daß die rote Farbe nicht mit der Schnellkühlung in Zusammenhang gebracht werden kann.

Beim handwerksmäßigen Schlachten bleibt ein erheblicher Teil des Blutes im Tierkörper zurück, und zwar vor allem in den Gefäßen des Unterhauttindergewebes (11).

Auch in den Blutgefäßen der Haut bleibt bei der Entblutung nach D e g r y s e (11) eine gewisse Blutmenge zurück. Durch die Einwirkung des heißen Wassers (62 °C) beim Brühen werden die Blutgefäße der Haut erweitert und es strömt zusätzlich Blut aus den tieferen Bezirken der Haut nach. Erst beim Absprühen mit kaltem Wasser kontrahieren sich dann die Blutgefäße und das Blut, das sich darin befand, wird in die großen Körpergefäße zurückgedrängt.

Nach S c h e u n e r t und T r a u t m a n n (19) sind prävertebrale Ganglien und Ganglien der Gefäßwände nach der Ausschaltung des Zentralnervensystems in der Lage, die nervale Regulierung der Gefäße in konstriktorischer und in dilatatorischer Hinsicht zu übernehmen. "Auch isolierte Gefäßteile bewahren, in erwärmter Ringenlösung gehalten, noch über längere Zeit ihren Tonus und reagieren auf Reize."

D e g r y s e (1) hält es für wahrscheinlich, daß sich die Hautrötung dann nicht zeigen wird, wenn die Schweine abgesengt werden, weil auch durch starke Hitze eine Kontraktion der Hautblutgefäße erreicht wird. Durch kurzes Eintauchen der entborsteten Schweine in heißes Wasser von 90 °C soll die Rötung der Haut ebenfalls verhütet werden (2).

C. Eigene Versuche und Beobachtungen

Die allgemeinen Untersuchungen wurden am Städtischen Schlacht- und Viehhof in Ludwigshafen/Rhein durchgeführt, die speziellen am Institut für Nahrungsmittelkunde der Tierärztlichen Fakultät der Universität München.

I. Allgemeine Untersuchungen

1. Beobachtungen des Schlacht- und Kühlvorgangs.

In der Zeit vom 16.8. bis zum 7.10.1955 wurde der Schlachtvorgang von 40 Schweinen verfolgt, und zwar vom Zeitpunkt des Auftriebs zur Schlachtung bis zur Ausfuhr der Tierkörper aus der Kühlhalle. 28 der beobachteten Schweine zeigten beim Verlassen der Kühlanlage Rotverfärbung. Die übrigen 12 blieben weiß oder wiesen nur unbeachtliche rosarote Verfärbungen auf.

Nachfolgend werden die einzelnen Beobachtungspunkte und die einschlägigen Ergebnisse besprochen. (Unter "Gruppe R" sind Schweine zu verstehen, die in der Kühlanlage eine Rotverfärbung zeigten, unter "Gruppe W" solche, die während des Kühlvorganges eine weiße Haut behielten.)

- | | |
|--|--|
| a) Rasse: | Zum Überwiegenden Teil gehörten die Tiere der deutschen Landschweinerasse an, die sich gleichermaßen auf die Gruppen W und R verteilten. |
| b) Allgemeinbefinden u. Ernährungszustand: | Das Allgemeinbefinden und der Ernährungszustand waren bei den Tieren beider Gruppen gut. |
| c) Geschlecht: | Die Tiere beider Gruppen waren zur Hälfte männlichen (in der Jugend kastriert) und zur Hälfte weiblichen Geschlechts. |
| d) Alter: | Das Alter der Tiere schwankte in beiden Gruppen zwischen 6 und 8 Monaten. |
| e) Gewicht: | Das Schlachtgewicht der Tiere beider Gruppen hielt sich zwischen 90 und 130 kg. |

- f) Körpertemperatur: Die innere Körpertemperatur der Schweine beider Gruppen betrug durchschnittlich $39,1^{\circ}\text{C}$ ($38,5 - 39,6^{\circ}\text{C}$).
- g) Auftrieb: Der Auftrieb zur Tötung vollzog sich bei allen Tieren meist in ruhiger Weise.
- h) Betäubung: Die Einwirkung des elektrischen Stromes zum Zwecke der Betäubung dauerte bei beiden Gruppen im Durchschnitt $20''$.
- i) Entblutung: Die Entblutungszeit bei der Gruppe R betrug durchschnittlich $51''$. Bei der Gruppe W wurde ein Durchschnittswert von $83''$ festgestellt. Da die Schweine der Gruppe W einen besseren Entblutungsgrad aufweisen, lassen sich die bezüglich der Entblutungsdauer gemachten Beobachtungen mit der Tatsache erklären, daß bei langandauerndem, langsamem Blutverlust die Organe weit besser entblutet werden, als wenn sich das Blut durch die Eröffnung großer Gefäße aus dem Tierkörper plötzlich und schnell entleert. Eine Herz-tätigkeit ist umso länger vorhanden, je länger die Ausblutung dauert (11). Es ist demgemäß naheliegend, daß bei Schweinen mit längerer Entblutungsdauer durch kleineren Blutstrahl die Entblutung intensiver war.
- k) Brühwasser: Brühtemperatur ($59-61^{\circ}\text{C}$) und Brühzeit (4 Minuten) waren bei beiden Gruppen gleich.
- l) Enthaarung: Die Bearbeitungszeit der Schweine beider Gruppen in der Enthaarungsmaschine war gleich lang.
- m) Abspritzen: Vor der Ausschlachtung wurden die Tierkörper wie üblich mit kaltem Wasser abgespritzt. Die Temperatur des Abspritzwassers ($17-19^{\circ}\text{C}$) war bei beiden Gruppen gleich. Die Tierkörper, die in der Kühlanlage eine Rotverfärbung erfuhren, wurden im Durchschnitt $13''$ lang abgespritzt, Schweine der Gruppe W aber $25''$ lang bei gleichem Wasserdruck.

Um zu einem Maßstab für die Intensität des Abspritzens zu gelangen, wurde nach dem Abspritzen die Hauttemperatur der Schweine gemessen. Zu diesem Zwecke

wurden an mehreren Stellen der Schwarte kleine Einschnitte angebracht, in die ein Thermometer immer gleich tief eingeführt wurde.

Während die Gruppe R eine durchschnittliche Hauttemperatur von 29°C zeigte, lag die Hauttemperatur der Gruppe W im Durchschnitt bei 26°C .

Beim Abspritzen bekamen die Schweine eine völlig weiße Farbe. Erst etwa 10 Minuten später zeigte sich wieder die normale leicht rosarote Hautfarbe.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß auch nach dem Tode äußere Reize eine Veränderung des Lumen der Hautgefäße und damit ihres Blutgehaltes bewirken können (siehe S. 3).

n) Grad der Rotverfärbung:

Zum Zeitpunkt der Einlagerung des Kühlgutes in die Kühlanlage wurde die Hautfarbe nach dem Grad ihrer Rotverfärbung festgelegt, und zwar unter Benützung einer Farbskala, die nach Vorlage von natürlichen Schwartenstücken angefertigt worden war. Diese Skala ist in 8 Werte unterteilt: Von hell, ohne Beimischung roter Farbbestandteile (Farbwert 1) über Rosarot zu relativ intensivem Rot (Farbwert 8). Die Einstufung der Verfärbungen war leider nicht ohne eine gewisse Schematisierung möglich.

Die Beurteilung der Hautfarbe wurde nach 24 und nach 48 Stunden wiederholt.

o) Kühlung:

Die Schweine wurden zunächst in einen Kühltunnel gebracht und verblieben dort etwa 20 Stunden. Nach dieser Zeit kamen sie in die sogenannte Hauptkühlhalle. Der Kühltunnel ist ein schmaler, langer Raum, in dem die Schweine in zwei Reihen in Richtung des Luftstromes hängen. In der Hauptkühlhalle verlaufen die Reihen der Tierkörper quer zum Luftstrom. Es wird demnach in dieser Halle der Luftstrom stark gebremst. Inwieweit die Luftumwälzung in den Kühlräumen der für die Schnellkühlung geforderten entspricht (2 m/sec), wurde von mir nicht nachgeprüft. Es ist jedoch

mit Bestimmtheit anzunehmen, daß sie in dem Kühltunnel erheblich höher ist als in der Hauptkühlhalle.

Figur 1 und 2 geben den zeitlichen Verlauf von Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Kühltunnel und in der Hauptkühlhalle wieder.

Die für die Schnellkühlung geforderte hohe relative Luftfeuchtigkeit von mindestens 95% wurde nicht annähernd erreicht, die gewünschte Temperatur erst nach mehr als 12stündiger Kühlung.

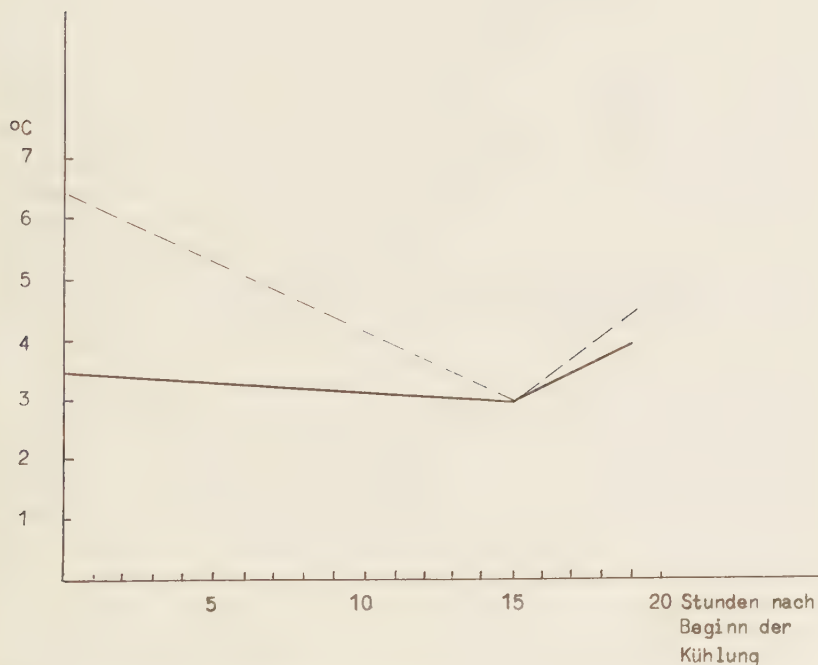


Fig. 1: Temperatur im Kühltunnel (gestrichelte Linie) und in der Hauptkühlhalle (ausgezogene Linie)

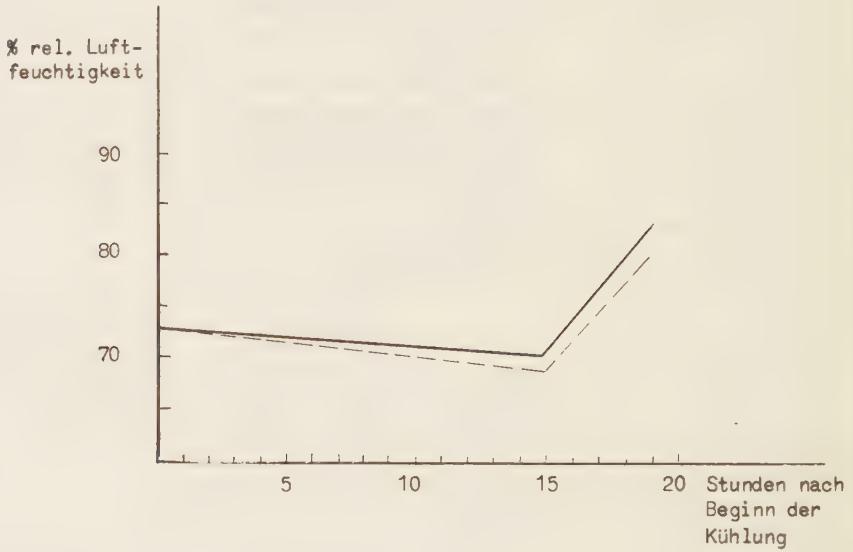


Fig. 2: Luftfeuchtigkeit im Kühltunnel (gestrichelte Linie) und in der Hauptkühlhalle (ausgezogene Linie)

2. Minderung der Rotverfärbung durch verschiedene äußere Einflüsse.

Nach dem Brühen der Schweine wird die Epidermis durch Schaben entfernt und so das Corium freigelegt. Diese Hautschicht ist gegen äußere Einflüsse weit weniger widerstandsfähig als die Epidermis, so daß sie schon nach relativ kurzer Zeit gewisse Veränderungen erleiden kann. Insbesondere ist die Gefahr der Austrocknung des Corium gegeben, die bei der Kühlung insofern verstärkt wird, als sich dabei durch die Kondensation an den kalten Kühlraumteilen die Luftfeuchtigkeit dauernd erniedrigt und vom Kühlgut verstärkt Feuchtigkeit durch Verdunsten abgezogen wird. Durch eine hohe Luftumwälzung wird dieser Vorgang noch verstärkt. Lediglich solche Hautstellen, die durch gegenseitige Berührung abgedeckt sind, zeigen auch nach der Kühlung noch die gleiche Beschaffenheit wie unmittelbar nach der Schlachtung. Während diese Hautstellen völlig weiß bleiben, zeigen die dem Luftstrom und somit auch einer gewissen Austrocknung ausgesetzten Hautteile eine Tendenz zur Rotverfärbung. Austrocknung und Rotverfärbung scheinen also Hand in Hand zu gehen.

Die Austrocknung der Haut ist nicht bei allen Schweinen gleich stark. Es ist verständlich und auch durch Messungen von ~~se~~ ten der Schlachthofverwaltung belegt, daß die Luftbewegung innerhalb der Kühlräume erheblichen Schwankungen unterliegt, so daß die verschiedenen Schweine auch verschieden starken Luftströmungen ausgesetzt sind. Mit der Austrocknung des Corium zeigen sich gleichzeitig Dickenabnahme und Transparentwerden der Schwarte. Dadurch werden die in und unter dem Corium liegenden Blutgefäße gut sichtbar.

Um den Luftstrom, wie er in der Schnellkühlanlage besteht, versuchsweise zu mindern, wurde folgender Versuch angestellt:

Von 5 Schweinen wurde jeweils die eine Hälfte mit einem Tuch eingehüllt, das so angebracht war, daß es mit dem Tierkörper keine Berührung hatte. Beide Hälften, sowohl die abgedeckte als auch die ungeschützte, wurden dann dem vollen Luftstrom in der Kühlhalle ausgesetzt. Wenngleich auch bei den abgedeckten Hälften eine gewisse Rotverfärbung auftrat, so war sie doch nie so stark wie bei den Hälften, die dem Luftstrom ohne Schutz ausgesetzt waren (siehe Tabelle 1).

Tab. 1: Einfluß des Luftstromes in der Kühlanlage auf die Rötung der Schwarte. FW = Farbwert (siehe S. 6).

Datum der Schlgt.	FW bei Einl.	FW 1 Tag n. Schlgt.		FW 2 Tage n. Schlgt.	
		abged. Hälfte	n. abged. Hälfte	abged. Hälfte	n. abged. Hälfte
1. 3.10.55	2	3	4	3	4
2. 10.10.55	4	5	6		
3. 11.10.55	3	5	7		
4. 17.10.55	2	3	5		
5. 18.10.55	2	3	5		

Manchmal werden am Schlachthof in Ludwigshafen die gewaschenen Dünndärme zusammen mit den Schweinen aufgehängt und in das Kühlhaus gebracht. Da in den Darmbündeln immer noch eine erhebliche Menge Wasser vorhanden ist, laufen kleine Rinnsale an der Schwarte der geschlachteten Schweine entlang. Diese Streifen bleiben dann auch bei beginnender Rotverfärbung der Umgebung weiß. Außerdem sind diese Stellen infolge der weniger intensiven Austrocknung gegenüber den übrigen Hautteilen erhaben. Diese Beobachtung gab zu besonderen Versuchen Anlaß. Es wurde die Haut von Tieren künstlich feucht gehalten, und zwar durch wiederholtes Benetzen mit einer physiologischen Kochsalzlösung.

Im einzelnen wurden die Versuche wie folgt durchgeführt:

1. Versuch:

Schlachtung am 27.9.1955.

Schon beim Einbringen in den Kühltunnel (1 1/2 Stunden p.m.) verhältnismäßig starke Rotverfärbung beider Hälften (FW = 6). Wiederholtes Anfeuchten der linken Schweinehälfte mit physiologischer Kochsalzlösung, und zwar 1 1/2, 2 1/2, 3 1/2, 4 1/2 und 5 1/2 Stunden p.m.

Unterschied in der Rotverfärbung bereits 3 1/2 Stunden p.m. sichtbar.

Farbwerte der behandelten und der unbehandelten Hälfte

5 1/2 Stunden p.m.:

links: FW = 5 (Rücken 6) rechts: FW = 7-8

26 1/2 Stunden p.m.:

links: FW = 6-7 rechts: FW = 8

Die Außenfläche der linken Hälfte war dem Luftstrom zugewandt, die der rechten dagegen von ihm abgewandt.

2. Versuch:

Schlachtung am 3.10.1955.

Bei Einlagerung in den Kühltunnel (2 1/2 Stunden p.m.) leichte Rotverfärbung (FW = 4-5).

Wiederholtes Anfeuchten der rechten Seite mit physiologischer Kochsalzlösung, und zwar 2 1/2, 3 1/2, 4 1/2, 5 1/2, 6 1/2 und 7 1/2 Stunden p.m.

Ein Unterschied in der Verfärbung zwischen Versuchs- und Kontrollhälfte ist 7 1/2 Stunden p.m. festzustellen. Farbwerte der behandelten und der unbehandelten Hälfte

26 Stunden p.m.:

rechts: FW = 4-5

links: FW = 6-7

Nochmaliges Anfeuchten 26 und 29 Stunden p.m.

Farbwerte

47 1/2 Stunden p.m.:

rechts: FW = 5

links: FW = 7

3. Versuch:

Schlachtung am 3.10.1955.

Bei Einlagerung in den Kühltunnel (3 Stunden p.m.) geringgradige Rotverfärbung (FW = 4).

Wiederholtes Anfeuchten der rechten Seite mit physiologischer Kochsalzlösung, und zwar 3, 4, 5, 6 und 7 Stunden p.m.

Bis 7 Stunden p.m. noch kein Farbunterschied festzustellen. Farbwerte der behandelten und der unbehandelten Hälfte

25 1/2 Stunden p.m.:

links: FW = 5

rechts: FW = 5

4. Versuch:

Schlachtung am 3.10.1955.

Zur Zeit der Einlagerung in den Kühltunnel (3 Stunden p.m.) keine Rotverfärbung (FW = 3).

Wiederholtes Anfeuchten der rechten Seite mit physiologischer Kochsalzlösung, und zwar 3, 4, 5, 6 und 7 Stunden p.m.

Geringgradiger Farbunterschied zwischen den beiden Hälften 7 Stunden p.m. festzustellen.

Farbwerte der behandelten und der unbehandelten Hälfte

25 1/2 Stunden p.m.:

rechts: FW = 4

links: FW = 6

5. Versuch:

Schlachtung am 10.10.1955.

Bei Einlagerung in den Kühltunnel (2 1/2 Stunden p.m.) mittelgradige Rotverfärbung (FW = 4-5).

Wiederholtes Anfeuchten der rechten Hälfte mit physiologischer Kochsalzlösung, und zwar 3, 4, 5, 6 und 7 Stunden p.m.

Farbunterschied zwischen beiden Seiten 8 Stunden p.m. festzustellen.

Farbwerte der behandelten und der unbehandelten Hälfte

26 Stunden p.m.:

rechts: FW = 6

links: FW = 7-8

Überführung beider Hälften in die Hauptkühlhalle. Nochmaliges Anfeuchten der rechten Hälfte und zwar 26, 27, 28 und 29 Stunden p.m.

Farbwerte der behandelten und der unbehandelten Hälfte

50 1/2 Stunden p.m.:

rechts: FW = 6

links: FW = 8

6. Versuch:

Schlachtung am 10.10.1955.

Bei Einlagerung in den Kühltunnel (2 1/2 Stunden p.m.) mittelgradige Rotverfärbung (FW = 4).

Wiederholtes Anfeuchten der rechten Seite mit physiologischer Kochsalzlösung, und zwar 3, 4, 5, 6 und 7 Stunden p.m. Ein Unterschied in der Verfärbung beider Hälften war 8 Stunden p.m. noch nicht festzustellen.

Farbwerte der behandelten und der unbehandelten Hälfte

25 Stunden p.m.:

rechts: FW = 5

links: FW = 5

Nochmaliges Anfeuchten der rechten Seite, und zwar 25, 26, 27 und 28 Stunden p.m.

Farbwerte der behandelten und der unbehandelten Hälfte

49 1/2 Stunden p.m.:

rechts: FW = 5

links: FW = 5

7. Versuch:

Schlachtung am 10.10.1955.

Bei Einlagerung in den Kühltunnel (3 1/2 Stunden p.m.) mittelgradige Rotverfärbung (FW = 5).

Wiederholtes Anfeuchten der rechten Seite mit physiologischer Kochsalzlösung, und zwar 3 3/4, 4 3/4, 5 3/4, 6 3/4 und 7 3/4 Stunden p.m.

Ein Farbunterschied zwischen beiden Seiten war 7 3/4 Stunden p.m. festzustellen.

Farbwerte der behandelten und der unbehandelten Hälfte

24 3/4 Stunden p.m.:

rechts: FW = 6

links: FW = 8

8. Versuch:

Schlachtung am 11.10.1955.

Bei Einlagerung in den Kühltunnel leichte Rotverfärbung (FW = 3-4).

Es werden vier Waschungen der rechten Seite mit physiologischer Kochsalzlösung in zeitlichen Zwischenräumen von je 1/2 Stunde durchgeführt.

Farbwerte der behandelten und der unbehandelten Hälfte

ca. 24 Stunden p.m.:

rechts: FW = 4-5

links: FW = 5-6

Die feuchtgehaltenen Hälften blieben fast alle heller und trockneten weniger aus. Die bei Berührung mit Därmen auftretenden streifenförmigen Abweichungen wurden jedoch durch den Versuch nie erreicht. Abgesehen vom kontinuierlichen Nachfließen von Flüssigkeit kann angenommen werden, daß die von den Därmen ablaufende Flüssigkeit noch Stoffe enthält, die u.a. eine stärkere Quellung des Corium verursachen. Während einige der Kontrollen eine ausgesprochene Rotverfärbung zeigten, trat bei keiner der feuchtgehaltenen Schweinehälften eine über das Normale hinausgehende Rötung auf. Damit zeichnet sich klar ab, daß die Austrocknung der Schwarte für die Rotverfärbung einen entscheidenden Faktor darstellt.

3. Die Entblutung im Hängen und die Auswirkung auf die Rotverfärbung.

Nach Einführung der Entblutung der Schweine im Hängen im Oktober 1956 trat die Rotverfärbung der Schweine nur noch höchst selten auf (0). Bei der Entblutung der Schweine im Hängen, wie sie im Schlachthof Ludwigshafen durchgeführt wird, werden die Tiere nach der elektrischen Betäubung an den Hinterbeinen an einer Laufkatze angehängt, die dann in schräger Richtung durch einen Elevator in Höhe der Gleitschiene gebracht wird (Höhe der Schiene 3, 10 m). An dieser Schiene hängend, werden die Schweine dann entblutet. Daraufhin erfolgt kurzes Abbrausen mit kaltem Wasser.^{x)} Durch das Abspritzen im Anschluß an die Entblutung erfolgt nach F r ü h w a l d (9) eine nicht unbedeutende Nachblutung. Da das Abspritzen in erster Linie die Haut betrifft, dürfte die Nachblutung insbesondere durch eine Entleerung der Hautgefäße zustandekommen.

Die Anlage für die Entblutung im Hängen bietet mehrere Vorteile:

1. Die Schlachthygiene wird dadurch verbessert, daß

- a) das für die menschliche Ernährung bestimmte Blut im allgemeinen in einem wesentlich saubereren Zustand gewonnen wird und
- b) durch das Ausprühen der eben entbluteten Schlachttiere von diesen der größte Schmutz entfernt und dadurch das Brühwasser sauberer gehalten wird.

2. Die Schweine können nur in der Reihenfolge des Blutentzuges in den Brühkessel gebracht werden. Dadurch wird verhindert, daß Schweine in den Brühkessel gelangen, deren Entblutung unvollständig ist. Zappel- oder Ruderbewegungen der Schweine im Brühkessel werden hierbei nicht mehr beobachtet, und Brühwasserlungen, die durch reflektorische Einatmung entstehen, weitgehend vermindert.

3. Durch die beim Schlachten der Schweine im Hängen erzielte intensivere Entblutung wird eine nachträgliche Rotverfärbung der Schwarte auch unter sonst ungünstigen Bedingungen weitgehend verhindert. Wenn hierbei überhaupt vereinzelt noch Rotverfärbungen auftreten, so lokalisieren sie sich meist auf Kopf und Vorderbeine, also auf die nach unten hängenden Körperteile.

x) Es ist geplant, eine Absprühanlage aufzustellen, durch welche die Schweine von oben und von beiden Seiten abgesprüht werden. Diese Anlage wird am Ende der Schiene aufgestellt, an der die Entblutung stattfindet. Es müssen auf diese Weise alle Schweine, bevor sie von der "Entblutungsschiene" in den Brühkessel kommen, die Absprühanlage passieren.

Diese allgemeinen Untersuchungen werden die Beobachtungen Frühwalds (9) bestätigt, daß die Rotverfärbung durch intensive Entblutung und reichliches Abspritzen mit kaltem Wasser weitgehend zu verhindern ist. Darüber hinaus zeigte sich allerdings auch, daß die Rotverfärbung auch mit der Austrocknung des Corium bei der Kühlung in engem Zusammenhang steht.

II. Spezielle Versuche

1. Bestimmung des Farbstoffs, der die Rotverfärbung verursacht.

a) Qualitative Bestimmung:

Von fünf verschiedenen Schweinen, die eine starke Rotverfärbung aufwiesen, wurden jeweils Hautstücke von etwa 3 g Gewicht entnommen. Von diesen Stücken wurde ein wäßriger Auszug hergestellt. Die Auszüge der fünf Proben hatte eine dunkelgelbe bis gelbrote Farbe. Die Benzidinprobe hatte in allen fünf Fällen ein positives Ergebnis. Es trat in jedem Fall eine rasche Blaufärbung auf.

Neben der Benzidinprobe in fünf Fällen wurde der Beweis des Vorhandenseins roten Blutfarbstoffes in vielen Fällen durch den positiven Ausfall der histochemischen Reaktion auf Hämoglobin nach Lepelne erbracht (13).

b) Quantitative Bestimmung:

Da als Ursache für die Rotverfärbung das Vorhandensein von Hämoglobin anzusehen ist, erschien es von Wichtigkeit festzustellen, welche Blutmengen in der Haut vorliegen müssen, um eine Rotverfärbung hervorzurufen.

aa) Methodik:

Die für die Hämoglobinbestimmung vorgesehenen Proben wurden von Schweinen entnommen, die 24 Stunden gekühlt waren. Die Hämoglobinbestimmungen wurden jeweils am Tage nach der Entnahme durchgeführt. Die Bestimmung erfolgte kolorimetrisch, wobei das Elektro-Photometer der Firma Zeiss Verwendung fand. Zu diesem Zwecke wurde eine Eichkurve aufgestellt, von der über die festgestellten Extinktionen der wäßrigen Schwartenauszüge die Hämoglobinwerte abzulesen waren. Zur Erstellung der Eichkurve wurde Blut zweier Schlachtschweine

defibriniert und deren Hämoglobingehalt photometrisch bestimmt (25).

Er betrug bei

Probe 1: 12,8040 g Hb/100 ml Blut

Probe 2: 15,7740 g Hb/100 ml Blut.

Diese beiden Proben dienten als Ausgangsmaterial für die Verdünnungsreihe: 1:4, 1:8, 1:16, 1:32.

Die Hämoglobingehalte dieser Lösungen wurden in Abhängigkeit von ihren Extinktionswerten auf ein Koordinatensystem übertragen (Fig. 3). Die Werte beider Blutproben liegen auf einer Geraden, die durch den Nullpunkt geht.

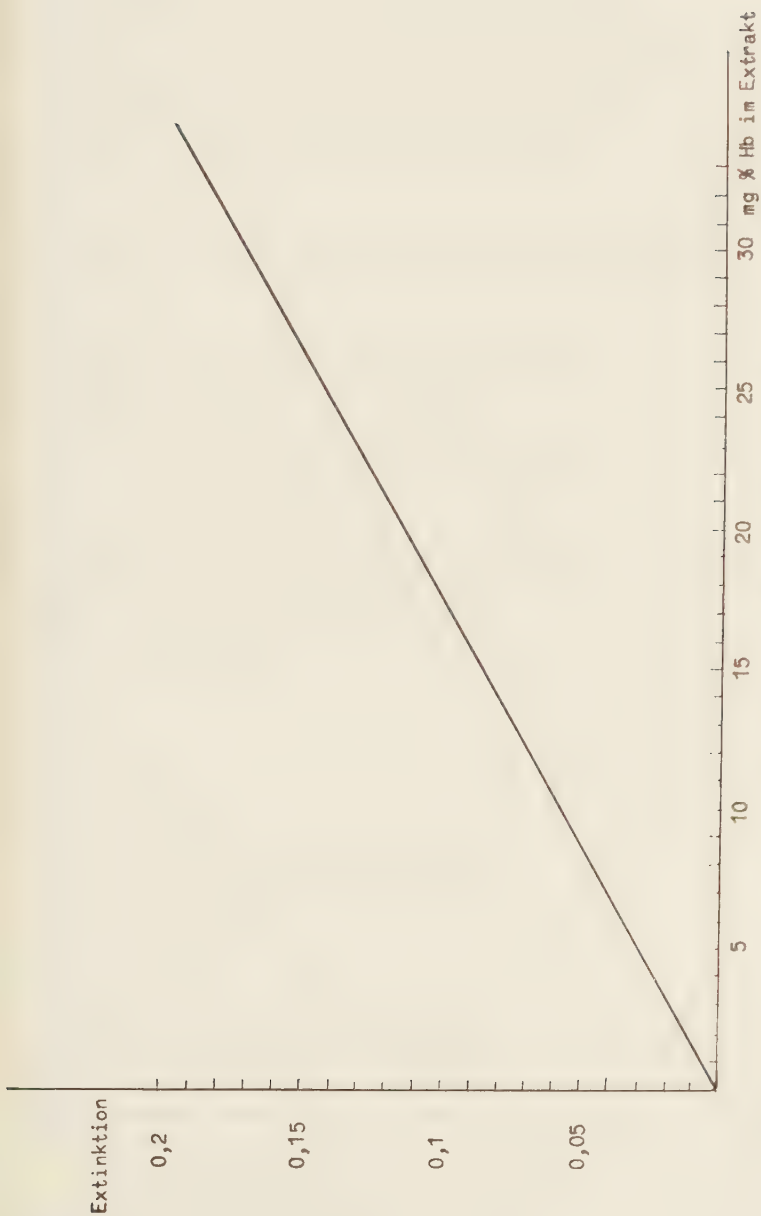


Fig. 3: Eichkurve für die Hämoglobinbestimmung mit dem Elektrophotometer der Fa. Zeiss

(Extinktion: Hb - Gehalt im Extrakt)

Da unterstellt werden kann, daß pro Flächeneinheit der Haut etwa gleiche Gefäßmengen vorliegen und damit diesbezüglich gleiche Voraussetzungen für eine Rotverfärbung gegeben sind, wurde für die Berechnung des Hämoglobingehalts die Hautfläche als Bezugsgröße gewählt. Für die Hämoglobinbestimmung wurden daher Coriumstücke auf eine Fläche von 20 cm^2 zugeschnitten, in Äther entfettet, Gewicht sowie Dicke gemessen und daraus das Volumen und das spezifische Gewicht errechnet.

Die Coriumstücke wurden im Homogenisator mit etwa der zehnfachen Wassermenge zerkleinert und das so entstandene Gesamtvolumen des Homogenats für die spätere Berechnung notiert.

Da bei Vorversuchen vier Stunden nach dem Homogenisieren kein weiterer Blutfarbstoff mehr aus den Schwartenteilen in das Wasser übertrat, wurde das Homogenat jeweils nach vier Stunden zentrifugiert und filtriert. Der Hämoglobingehalt der so gewonnenen Lösung wurde mit gewisser Abänderung der Anweisung in der "Klinischen Photometrie" (25) folgendermaßen bestimmt:

Von 10 ml der klaren Hämoglobinlösung wurde 0,1 ml durch eine 4%ige NH_3 -Lösung ersetzt. Ferner wurde eine Messerspitze Natriumdithionit zugesetzt. Dadurch werden die Hämoglobinverbindungen in reines Hämoglobin überführt. Die erfolgte Reaktion zeigte sich durch einen Farbumschlag von Hellrot nach Rotblau an. Nach dem erfolgten Farbumschlag wurde sofort kolorimetriert.

Der Hämoglobingehalt der Haut wurde wie folgt berechnet:

$$\text{Hb}_{\text{Fl}} = \frac{\text{Hb}_E \cdot V_H}{100}$$

Hb_{Fl} = Hämoglobingehalt von Hautstücken gleicher Fläche (20 cm^2) in mg.

Hb_E = Hämoglobingehalt des Extraktes in mg %.

V_H = Volumen des Homogenats in ml.

Es wurde unterstellt, daß im gesamten Homogenat die Hämoglobinkonzentration gleich war. Der nichtlösende Raum der Proteine konnte unberücksichtigt bleiben, weil sein Einfluß durch das hohe Verdünnungsverhältnis praktisch ausgeschaltet war.

Da in 100 ml Schweineblut durchschnittlich 13 g Hämoglobin enthalten sind (24), wurde für die Berechnung der in der Schwarte enthaltenen Blutmenge der Faktor

100 verwendet.

13

Die Untersuchungen wurden an folgendem Material durchgeführt:

1. Von Schweinen mit starker Rotverfärbung:

- a) maximal rotes Hautstück
- b) maximal helles Hautstück.

Von diesen Tierkörpern wurden jeweils zwei Hautproben entnommen.

2. Von Schweinen ohne Rotverfärbung: Hautstücke ohne besondere Auswahl.

Von jeder Gruppe bzw. Untergruppe wurden 25 Untersuchungen durchgeführt.

bb) Ergebnisse:

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse zusammengefaßt.

Tab. 2: Durchschnittswerte von 75 Coriumproben^{x)} von je 20 cm² für Gewicht, Volumen, Dicke, Dichte sowie Hb-Gehalt bzw. Blutgehalt.

Gruppe	1a	1b	2
Gewicht in g ₃	2,9	5,5	5,3
Volumen in cm ³	2,3	3,9	3,8
Dicke in mm	1,2	1,9	1,9
Dichte	1,26	1,39	1,38
Hämoglobin (Hb _{F1})	3,9	1,8	1,0
Blut in 10 ⁻³ ml ^{xx)}	29,7	13,8	9,3

x) Die Ergebnisse einiger Untersuchungen mußten unberücksichtigt bleiben, weil sie durch technische Mängel wie Trübung der Meßlösung, Inhomogenität des Schwartenbreies u.a. beeinträchtigt waren.

xx) Würde man den Blutgehalt statt auf die Fläche auf das Volumen beziehen, so ergäben sich Werte von 13,3, 3,4 bzw. 2,7, die aber zu den optisch ermittelten Farbwerten nicht so unmittelbar in Beziehung stehen wie die auf die Fläche bezogenen Hb-Werte.

Der Blut- bzw. Hämoglobingehalt ist in den roten Hautstücken (Gruppe Ia) am höchsten. Die weißen Hautproben von stellenweise rotverfärbten Schweinen weisen einen höheren Hämoglobingehalt auf, als diejenigen von unverfärbten Schweinen.

Die roten Hautstücke haben geringeres Gewicht, kleineres Volumen, geringere Dicke und geringeres spezifisches Gewicht als die hellen Proben.

2. Der Wassergehalt des Corium.

Im Abschnitt C, I., 2. (S. 9) wurde ausgeführt, daß die roten Hautstellen trocken sind, während die hellen Hautstellen annähernd noch eine Beschaffenheit aufweisen, wie sie unmittelbar nach der Schlachtung vorliegt. Auch an der Hautproben, von denen der Hämoglobingehalt bestimmt wurde, war dies zu beobachten. Es erschien daher notwendig, auch den Wassergehalt der roten und der hellen Hautstücke vergleichsweise in die Betrachtungen einzubeziehen.

Von fünf weißen und fünf rotverfärbten Schweinen wurde am Tage nach der Schlachtung je eine Hautprobe von 5 g entnommen. Die Hautstücke wurden mit einem Messer zerkleinert und mit 3 g ausgeglühten Seesandes möglichst fein zerrieben. Die Proben wurden bei 50°C im Brutschrank vorgetrocknet. Nach zwei Stunden wurde die Brutschranktemperatur auf 105°C eingestellt und nach zwölf Stunden war die Gewichtskonstanz erreicht.

Die Ergebnisse sind in Tab. 3 und 4 zusammengestellt. Daraus ist zu ersehen, daß der Wassergehalt der weißen Hautstücke etwa doppelt so hoch ist wie derjenige der rotverfärbten.

Für die roten Proben wurde bei der Entnahme die Farbintensität festgelegt. Als Maßstab wurde die schon für andere Versuche und Beobachtungen verwendete Farbskala benutzt. Nr. 4 der Tabelle 4 hatte den niedrigsten Farbwert und zeigte auch den höchsten Wassergehalt dieser Gruppe.

Tab. 3: Wassergehalt unverfärbter Coriumstücke

Nr.	Gewicht b. Entnahme in g	Gewicht nach d. Trocknung in g	Trockensubstanz in % d. Einwaage	Wassergehalt in % d. Einwaage
1	5	1,93	38,6	61,4
2	5	2,1	42,0	58,0
3	5	1,98	39,6	60,4
4	5	1,90	38,0	62,0
5	5	2,21	44,2	55,8

Tab. 4: Wassergehalt rotverfärbter Coriumstücke

Nr.	Farbwert	Gewicht b. Entn. in g	Gewicht nach d. Trocknng. in g	Trockensubstanz in % d. Einwaage	Wassergehalt in % d. Einwaage
1	üb. 8	5	3,79	75,9	24,1
2	üb. 8	5	3,75	75,0	25,0
3	7	5	3,47	69,5	30,5
4	5-6	5	3,12	62,4	37,6
5	7	5	3,7	74,6	25,4

Da das spezifische Gewicht des Corium über 1 liegt, war zu vermuten, daß das spezifische Gewicht bei den hellen Hautstücken mit höherem Wassergehalt näher bei 1 liegt, also niedriger ist als bei den roten. Das ist aber nicht der Fall. Das spezifische Gewicht der roten Hautstücke beträgt im Durchschnitt 1,26, das der weißen 1,38 - 1,39. Dies läßt sich damit erklären, daß bei der Austrocknung im Coriumgewebe Lücken entstehen und damit das Volumen der Schwarte größer bleibt als es der Differenz des Volumens der Schwarte minus dem Volumen des verdunsteten Wassers entsprechen würde. Durch histologische Untersuchungen konnte dies bestätigt werden.

3. Histologische Untersuchung des Corium.

Die histologische Untersuchung wurde an 27 Hautproben durchgeführt, von denen meist drei Schnitte angefertigt wurden. Von rotverfärbten Schweinen wurden neun Proben von den dunkelsten und neun von den hellsten Stellen der gleichen Schweine entnommen sowie neun Proben von Schweinen, die keine Rotverfärbung zeigten. Die Entnahme erfolgte jeweils einen Tag nach der Schlachtung, also nach einer Kühlung von etwa 24 Stunden. Einen Tag nach der Entnahme wurden die Hautstücke in Formol eingelegt und darin einen Tag lang fixiert. Davon wurden dann Gefrierschnitte von 25 μ Dicke angefertigt. Die Dicke wurde absichtlich so hoch gewählt, um eine größere Schicht unter dem Mikroskop betrachten zu können. In dünneren Schnitten waren, trotz des reichlichen Blutgehaltes der Schwarte, meist kein Blut bzw. keine Blutkörperchen auszumachen.

Zur Färbung der Schnitte fand die spezifische Blutfärbung nach L e p e h n e (18) Verwendung.

Von den Präparaten sollen zwei typische hier beschrieben werden.

a) Rotes Coriumstück:

Makroskopische Betrachtung:

Die Dicke des Corium beträgt 0,9 mm. Die Haut ist trocken. Hautkapillaren sind gut sichtbar. Das Schwartenstück ist transparent. Der Hämoglobingehalt beträgt 3,71 mg/20 cm² Corium.

Mikroskopische Betrachtung:

Die Fasern verlaufen im Corium fast nur in horizontaler Richtung, d.h. parallel zur Hautoberfläche. Die Fasern sind nur wenig gewellt, zeigen also einen mehr gestreckten Verlauf. Die Anordnung der Coriumfasern erscheint lagenweise. Zwischen den Coriumfasern zeigen sich Spalten und Lücken. Die Fasern sind im Vergleich zu denen der weißen Coriumstücke dünner.

In allen Coriumschichten sind rote Blutkörperchen festzustellen. Sie befinden sich aber nur innerhalb der Gefäße. Die Erythrozyten sind nicht hämolysiert. Freier Blutfarbstoff außerhalb der Gefäße ist nicht wahrnehmbar. Der Verlauf der Blutgefäße entspricht dem der Lederhautfasern, ist also vorwiegend horizontal. Die Gefäße sind gewöhnlich in einer größeren Länge angeschnitten.

b) Weißes Coriumstück:

Makroskopische Betrachtung:

Die Dicke des Corium beträgt etwa 3,0 mm. Die Haut erscheint saftiger und undurchsichtig. Hautkapillaren sind bei oberflächlicher Betrachtung nicht sichtbar. Der Hämoglobingehalt beträgt 1,2 mg/20 cm² Corium.

Mikroskopische Betrachtung:

Die Fasern verlaufen im Corium in einem spitzen Winkel zur Hautoberfläche. Die Fasern sind stark gewellt. Es besteht keine lagenweise Anordnung der Coriumfasern, sie sind vielmehr stark miteinander verwoben. Dadurch entsteht im Schnitt ein körniges Bild. Lücken und Spalten sind im Gewebe nicht zu erkennen. Die einzelnen Fasern haben einen größeren Durchmesser als diejenigen der roten Hautstücke.

Die Anzahl der Blutgefäße erscheint geringer als bei rotverfärbten Schwarzen. Blutkörperchen sind nur im basalen Teil des Corium auszumachen, und zwar in geringerer Menge als bei rotverfärbtem Material. Auch hier ist kein freier Blutfarbstoff im Gewebe zu erkennen, die Erythrozyten befinden sich innerhalb der Gefäße. Die Überwiegende Zahl der histologischen Schnitte von weißen Coriumstücken ist aber frei von Blut. Längere Längsschnitte der Blutgefäße werden vermißt. Die Gefäße liegen meist querschnitts vor. Nur wenige Gefäße verlaufen parallel zur Hautoberfläche, die meisten verlaufen im spitzen Winkel, einige sogar senkrecht zu ihr.

Im histologischen Bild zeigt sich also ein deutlicher Unterschied zwischen den weißen und roten Coriumstücken.

Die weißen Stücke zeigen einen Aufbau, der dem natürlichen Zustand ähnelt, die roten dagegen zeigen stärkere Abweichungen.

Da sich die Veränderungen am Corium der sich rotverfärbenden Tiere im Laufe der Kühlung einstellen, wurden histologische Untersuchungen auch noch in zeitlichen Abständen durchgeführt.

Ein Schwein wurde zwei Stunden nach der Schlachtung in die Kühlhalle gebracht. Für die histologische Untersuchung wurden von diesem nach 4-, 8-, 12- und 16-stündiger Kühlung Proben entnommen. Die Proben wurden so schmal wie möglich gewählt und alle aus dem gleichen, aber eng begrenzten Bezirk herausgeschnitten. Es kann deshalb angenommen werden, daß die Coriumstücke praktisch gleich strukturiert waren und bei gleicher Kühltdauer die gleichen Veränderungen erlitten hätten.

Ergebnisse:

Nach vierstündiger Kühlung:

FW = 4, beginnende Rotverfärbung, keine Trockenhaut.

Nach achtstündiger Kühlung:

FW = 6, beginnende Trockenhaut.

Nach zwölfstündiger Kühlung:

FW = 7, Trockenhaut verstärkt. Gefäße bei oberflächlicher Betrachtung sichtbar.

Nach sechzehnstündiger Kühlung:

FW = 8, Trockenhaut ausgeprägt. Starke Gefäßinjektion.

Mikroskopische Betrachtung:

Nach vierstündiger Kühlung ist das Corium verhältnismäßig dick. Die Fasern verlaufen in spitzem Winkel zur Hautoberfläche. Sie sind gewellt und ziemlich dick. Blut befindet sich nur im basalen Teil des Schnittes. Die Gefäße sind meist quer geschnitten.

Nach sechzehnstündiger Kühlung ist das Corium relativ sehr dünn. Die Fasern verlaufen annähernd parallel zur Hautoberfläche. Sie sind nur schwach gewellt. Blut ist in allen Schichten des Corium in vermehrtem Maß vorhanden. Die Blutgefäße liegen meist in Längsschnitten vor. Sie verlaufen ebenfalls parallel zur Hautoberfläche.

Die Schnitte von den nach 8- und 12-stündiger Kühlung entnommenen Proben zeigen die Übergänge zwischen den beiden beschriebenen histologischen Bildern.

D. Diskussion

In der vorliegenden Arbeit sollten die Ursachen der Rotverfärbung der Schwarte geschlachteter Schweine untersucht und Möglichkeiten ihrer Verhinderung erarbeitet werden. Schon früher war diese Veränderung Gegenstand von Untersuchungen (15, 23, 1, 8, 9, 2). Fr ü h w a l d (1, 9, 8) und D e g r y s e (1) kamen zu dem Ergebnis, daß durch gute Entblutung eine Rotverfärbung zu verhindern ist. Durch die vorliegenden Untersuchungen waren diese Feststellungen zu bestätigen. Es hat sich nämlich gezeigt, daß nach Entbluten im Hängen, wobei der Blutentzug vollständiger ist als im Liegen, eine Rotverfärbung nur noch sehr selten auftritt. Aber auch bei der Entblutung im Liegen war die Tendenz zur Rotverfärbung vermindert, wenn die Entblutungszeit verlängert war. Dies läßt sich mit der Tatsache erklären, daß bei langsamem Blutverlust die Entblutung vollständiger wird (11). Auch hinsichtlich des Einflusses des Abspritzens der geschlachteten Schweine mit kaltem Wasser wurden durch die eigenen Untersuchungen die Beobachtungen von Fr ü h w a l d (1, 9, 8) bestätigt, daß längeres Abspritzen der Schweine mit kaltem Wasser (ca. 25") ebenfalls zur Verhinderung der Rotverfärbung beiträgt.

N i e m e y e r (15) brachte die Rotverfärbung der Schweineschwarte mit der Luftzirkulation in der Schnellkühlanlage in Zusammenhang. Diese Auffassung konnte insofern bestätigt werden, als bei der Luftumwälzung, wie sie bei der Schnellkühlung gefordert wird, und einer Luftfeuchtigkeit, die in praxi meist weit unter der optimalen von 100% liegt, die Haut der Schweine einer starken Austrocknung ausgesetzt ist. Wie durch histologische Untersuchung nachgewiesen werden konnte, erfährt die Haut dabei eine einschneidende Strukturumwandlung. Diese besteht insbesondere darin, daß im Corium Lücken entstehen und die kollagenen Fasern sich strecken und sich zur Hautoberfläche parallel ausrichten, während sie in frischen Schwarten zu dieser in spitzem Winkel verlaufen. Nach G r a B m a n n (10) geht eine Entquellung der kollagenen Faser mit einer Streckung einher. Die Streckung der Fasern dürfte auch mit der Erhöhung der Transparenz der trockenen Schwarten ursächlich zusammenhängen. Im histologischen Bild erscheinen auch deutlich die im Corium gelagerten Blutgefäße. Ihr Lumen ist erweitert, was offenbar durch die bei der Trocknung in der Schwarte auftretenden Spannungen bewirkt wird. Es ist anzunehmen, daß durch diese Erweiterung der Gefäße Blut aus den tiefer gelegenen Gefäßen nachgesaugt wird. Dieser Vorgang dürfte auch dadurch unterstützt werden, daß bei der Totenstarre Restblut aus den kontrahierten Muskeln in das Gefäßsystem des Inter-

hautbindegewebes gerneßt wird und von dort in die erweiterten Coriumgefäße gezogen werden kann. Daneben entsteht durch die oberflächliche Abtrocknung ein gewisser Diffusionsdruck aus den tiefer gelegenen feuchten Schichten, der die Blutansammlung in der Haut unterstützen könnte. Durch die Durchsichtigkeit der Trockenhaut werden dann die mit Erythrozyten angefüllten Gefäße sichtbar, zumal diese bei der Austrocknung wie die kollagenen Fasern gestreckt und parallel zur Hautoberfläche ausgerichtet werden und so dieser eine größere Fläche zuwenden.

Auch T. n s m e y e r (23) macht für die Rotverfärbung der Schweine die Schnellabkühlung verantwortlich. Er nimmt jedoch an, daß dabei Hämoglobin durch Hämolyse frei wird, in das Corium diffundiert und dort infolge des hohen Sauerstoffangebotes bei der starken Luftumwälzung oxydiert wird. Erst durch die Oxyhämoglobinbildung soll eine Rotverfärbung auftreten. Diese Behauptung kann jedoch nicht bestätigt werden, weil bei rotverfärbten Schwarten lediglich Erythrozyten innerhalb der Gefäße festzustellen waren und freies Hämoglobin überhaupt nicht nachgewiesen werden konnte. Es ist auch nicht anzunehmen, daß lediglich das oxydierte Hämoglobin die Rotverfärbung auslöst, zumal das nicht oxydierte Hämoglobin eine wesentlich dunklere Farbe als die Oxyverbindung aufweist. Die Deutung von T. n s m e y e r (23), daß die Rotverfärbung durch die Feuchthalterung der Haut zustandekäme, steht im Widerspruch zu den angeführten Beobachtungen.

K u p r i a n o f f (zit. nach 5) hält eine Trockenhautbildung bei der Schnellabkühlung ganz allgemein für wünschenswert. Obwohl F r ü h w a l d (8) der Ansicht war, daß die Schnellabkühlung nicht mit der Rotverfärbung in Zusammenhang gebracht werden kann, empfiehlt er ebenso wie R i e s (17), die Ausbildung einer Trockenhaut zu verhindern. Durch eigene Beobachtungen konnte festgestellt werden, daß eine Trockenhautbildung nicht zwangsläufig zu einer Rotverfärbung führt, wenn Blutentzug und Abspritzen mit kaltem Wasser intensiviert wurden. Andererseits war aber in keinem der untersuchten Fälle eine Rotverfärbung ohne Trockenhautbildung zu beobachten.

Nach den dargelegten Untersuchungen stellt das Verbleiben von Restblut in den Gefäßen der Haut und Unterhaut die primäre Ursache für die Rotverfärbung der Schweineschwarte dar. Durch das Schlachten im Hangen wird der Blutentzug so intensiviert, daß eine Rotverfärbung nur noch selten auftritt. Die Entblutung wird durch reichliches Abspritzen mit kaltem Wasser gefördert. Bei Schweinen, deren Blut nicht aufgefangen wird, könnte ein Abspritzen schon während des Blutentzuges vorgenommen werden, weil dann das dem Herzen zugeführte Blut noch aktiv ausgestoßen würde.

Wenn die Austrocknung des Corium durch entsprechend hohe Luftfeuchtigkeit bei der Schnellkühlung verhindert werden kann, würde bei weniger intensivem Blutentzug, also unter ungünstigen Voraussetzungen, eine Rotverfärbung weitgehend verhindert werden.

E. Zusammenfassung

1. Es wurden Faktoren aufgesucht, die dafür verantwortlich gemacht werden können, daß bei der Schnellkühlung der Schweine Rotverfärbungen der Schwarte auftreten.
2. Durch Studien am gesamten Schlacht- und Kühlvorgang und durch Untersuchungen an den verfärbten Schwarten konnte erneut gezeigt werden, daß gut entblutete Schweine auch bei der Schnellkühlung keine Farbveränderungen zeigten.
3. Sobald bei der Schnellkühlung die geforderte Luftfeuchtigkeit von 95 - 100% unterschritten wird, erfolgt eine oberflächliche Austrocknung und damit ein Transparentwerden der Schwarte, so daß im Falle der Anwesenheit von Blut dieses in der Haut sichtbar wird. Die Strukturveränderungen bei der Austrocknung wurden histologisch verfolgt.
4. Die Rotverfärbung der Schwarte bei der Schnellkühlung kann unter folgenden Bedingungen ausgeschlossen werden:
 - a) Gutes Entbluten und reichliches Abspritzen der Schweine mit kaltem Wasser.
 - b) Sicherung einer relativen Luftfeuchtigkeit von 95%.

F. L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

1. D e g r y s e, G.: La réfrigération rapide des viandes.
Revue générale du froid. Paris. 30 (1953),
555;
2. D e g r y s e, G.: zit. nach v. Ostertag, R., und F. Schönberg:
Lehrbuch der Schlachtvieh- und Fleischun-
tersuchung. Ferd. Enke Verlag, Stuttgart
1955, 761;
3. D e n n l e r, E.: Schnellabkühlung im Schlachthof München.
Fleischwirtschaft 8 (1956), 320;
4. F r ü h w a l d, O.: Ein Jahr Schnellabkühlung am Städt.
Schlachthof Ludwigshafen a.Rh. und ihre
Auswirkungen auf das Fleisch.
Fleischwirtschaft 4 (1952), 52;
5. F r ü h w a l d, O.: Die moderne Schnellabkühlung des Fleisches.
Fleischwirtschaft 5 (1953), 9, 25;
6. F r ü h w a l d, O.: Die Entwicklung der Kühltechnik in Deutsch-
land nach Kriegsende unter besonderer Be-
rücksichtigung der Schnellabkühlung.
Fleischwirtschaft 6 (1954), 138;
7. F r ü h w a l d, O.: Das biologische Verhalten des Fleisches
bei der Schnellabkühlung.
Fleischwirtschaft 7 (1955), 455;
8. F r ü h w a l d, O.: Persönliche Mitteilung 1955;
9. F r ü h w a l d, O.: Die Konservierung des Fleisches durch Käl-
te unter besonderer Berücksichtigung der
Schnellkühlung.
Fleischwirtschaft 8 (1956), 723;
10. G r a ß m a n n, W.: Handbuch der Gerberei und Lederfabrikation.
Band I, Springer Verl., Wien 1944, 240;
11. H a b e r e r, H.: Das Verhalten der Herztätigkeit und der
Entleerung der Blutgefäße bei der verzöger-
ten Entblutung der Schlachttiere.
Fleischwirtschaft 3 (1951), 115;

12. H e i ß, R.: Neuere Erkenntnisse über die günstigsten Bedingungen beim Kühlen des Fleisches. Zeitschrift für Fleisch- und Milchhygiene 48 (1938), 281;
13. J o r d a n, R.: Moderne Schnellkühlung. Fleischwirtschaft 6 (1954), 291;
14. M e y e r, F.: Kühltunnel? Deutsche Schlacht- und Viehhofzeitung 1950 Nr.8, S. 5;
15. N i e m e y e r : Fleischkühlung. Deutsche Schlacht- und Viehhofzeitung 1955 Nr. 6, 132;
16. v. O s t e r t a g, R. und S c h ö n b e r g, F.: Lehrbuch der Schlachtvieh- und Fleischuntersuchung. Ferd. Enke Verlag, Stuttgart, 1955, 761;
17. R i e s, E.: Über die Minderung der Gewichtsverluste bei Fleisch von Rindern durch die Schnellabkühlung und deren Einfluß auf das Fleisch. Vet. Diss., München 1951;
18. R o m e i s, B.: Mikroskopische Technik. Leibnitz Verlag, München 1948, S. 240;
19. S c h e u n e r t, A. u. T r a u t m a n n, A.: Lehrbuch der Veterinärphysiologie. Verlag Paul Parey, Berlin 1951, S. 209;
20. S c h i l l i n g, A.: Kühlen und Einfrieren von Fleisch und die dabei auftretenden Gewichtsverluste. Kältetechnik 1950, Heft 2, S. 88;
21. T a m m, W.: Die Kühlung von Fleisch. Beiheft zur Zeitschrift f.d.ges.Kälteindustrie, Reihe 3, Heft 4, Berlin 1930;
22. T a m m, W.: Schnellkühlverfahren. Deutsche Schlacht- und Viehhofzeitung 53 (1953), 171;
23. T ü n s m e y e r, H.: Rotverfärbung der Schwarte geschlachteter Schweine bei Anwendung der Schnellkühlung. Deutsche Schlacht- und Viehhofzeitung 1955, Nr. 6, S. 139;

24. W i r t h, D.:

Grundlagen einer klinischen Hämatologie.
Verlag Urban und Schwarzenberg, Wien-
Innsbruck 1950, S. 144;

25. Z e i s s - O p t o n :

Klinische Photometrie. 3. Auflage Wissen-
schaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart
1951, S. 61.

Herrn Professor Dr. H. S e d l m e i e r erlaube ich mir, meinen ergebensten Dank auszusprechen für die Überlassung des Themas und für seine vielseitige Förderung.

Auch dem leider in der Zwischenzeit verstorbenen Herrn Veterinärdirektor Dr. O. F r ü h w a l d danke ich für die Anregungen, die ich von ihm erhielt, sowie für die Bereitwilligkeit, mit der er mir die Einrichtungen des Städtischen Schlachthofes in Ludwigshafen am Rhein zur Verfügung stellte.

Gleichfalls danke ich Herrn Privatdozent Dr. L. K o t t e r und Herrn Dr. O. P r ä n d l für die allzeit gewährte Unterstützung bei der Anfertigung vorliegender Dissertation.

Lebenslauf

Am 6. Januar 1932 wurde ich, Gerhard Schreiber, als Sohn des Diplomkaufmanns Richard Schreiber und seiner Ehefrau Anni, geb. Leppla, in Kaiserslautern geboren.

In Kaiserslautern besuchte ich die Volksschule und das Naturwissenschaftliche Gymnasium, wo mir am 11. März 1952 das Zeugnis der Reife zuerkannt wurde.

Im Sommersemester 1952 begann ich mein Studium an der Tierärztlichen Fakultät der Universität München und legte dort die tierärztliche Prüfung am 18. Dezember 1956 ab.

Am 1. Juli 1957 erteilte mir das Bayerische Staatsministerium des Innern die Bestallung als Tierarzt.

